View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Tsukuba Repository

Systematic study of azimuthal anisotropy for charged hadron in relativistic nucleus-nucleus collisions at RHIC-PHENIX

著者	下村 真弥
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (B), no. 2464, 2009.11.30 Includes bibliographical references
発行年	2009
その他のタイトル	RHIC-PHENIX実験での相対論的原子核衝突における荷電ハドロンの方位角異方性についての系統的研究
URL	http://hdl.handle.net/2241/105281

【396】

氏　名（本籍）	下　村　真　弥（兵庫県）
学位の種類	博　　士（理　　学）
学位記番号	博　乙　第　2464　号
学位授与年月日	平成 21 年 11 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	**Systematic Study of Azimuthal Anisotropy for Charged Hadron in Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions at RHIC-PHENIX** （RHIC-PHENIX 実験での相対論的原子核衝突における荷電ハドロンの方位角異方性についての系統的研究）

主　査	筑波大学教授	理学博士	三　明　康　郎
副　査	筑波大学教授	理学博士	矢　花　一　浩
副　査	筑波大学准教授	理学博士	小　沢　　顕
副　査	筑波大学准教授	博士（理学）	江　角　晋　一
副　査	筑波大学講師	博士（理学）	中　條　達　也

論文の内容の要旨

原子核の構成要素であるクォークやグルーオンは、粒子加速器の発展と共にその存在が確認され、性質の研究が行われてきた。量子色力学（QCD）によると、クォークやグルーオンは常にハドロンの中に閉じ込められており、それらを単独で観測する事は出来ない。しかし高温・高密度状態では、クォークやグルーオンがハドロンへの閉じ込めから解放され、より大きな空間内を飛び回る状態（クォーク・グルーオンプラズマ（QGP）状態）が実現すると考えられている。QGP は物質の存在相として全く未知な状態であり、QCD から宇宙論に関わる最先端の研究課題である。

相対論的重イオン加速器を用いた高エネルギー原子核・原子核衝突では QGP 状態を含む高温高密度状態を生成することが出来る。反応は時間発展を含み、大変複雑なプロセスであり、最終的に放出された粒子を観測することによって、反応メカニズムの研究がなされる。QGP 生成の手がかりとして、特に近年注目されているのが、反応平面に対する生成粒子の運動量空間における方位角異方性である。球状の形状を持つ原子核･原子核衝突において、その非中芯衝突では反応関与部が反応平面に対して空間的異方性を持っており、そのために生成粒子の運動量空間異方性が現れる。その変換効率は反応関与部に生成した物質の状態を強く反映し、その性質の重要な手がかりを得ることができるのである。

QGP の生成とその性質の解明を主な目的として、米国ブルックヘブン国立研究所では相対論的重イオン衝突型加速器（RHIC）が建設され 2000 年から実験が開始された。これまでの RHIC における最も重要な発見の一つが、上述の生成粒子の方位角異方性に関する測定結果である。低横運動量領域（~1GeV/c）の楕円的方位角異方性強度（v_2）は、より低エネルギーの衝突における測定結果に比べて大きく、生成粒子種依存と横運動量依存の様子から、衝突後 0.5fm ／ c という極めて短時間に熱平衡に達していると考えられている（流体力学模型）。これほど短時間の熱平衡到達は QGP 生成以外のメカニズムでは困難である。また、中間

横運動量領域（$p_T = 1 - 4$ GeV/c）における生成粒子種依存と横運動量依存の様子から、QGP 特有の粒子生成メカニズムであるクォーク再結合模型を強く示唆する結果が得られている。これらの結果は多くの研究者が RHIC において QGP が生成されたと信じる大きな根拠となっている。これらの知見は、200GeV における金原子核同士の衝突のデータから得られたものであり、RHIC において実験可能な他のエネルギーや他の原子核種における解析とその理解が強く望まれていた。

本論文は、楕円的方位角異方性の起源に対する包括的理解を目的として、v_2 の系統的測定、すなわち衝突核子当り 200 GeV と 62 GeV の金＋金及び銅＋銅衝突実験において粒子識別されたハドロンの方位角異方性を測定し、衝突エネルギー、衝突系、衝突中芯度による依存性や規則性について v_2 の系統的研究を行ったものである。

従来は楕円的方位角異方性は衝突関与部の幾何学的楕円率に単に比例すると考えられていたが、衝突関与粒子数依存性が初めて明らかとなり、幾何学的楕円率と衝突関与粒子数の 1/3 乗の積に比例して大きくなっていることがわかった。これにより、従前の幾何学的楕円率、及びクォーク数によるスケーリングに加えて衝突関与粒子数の 1/3 乗則を新たに適用することにより、RHIC で観測されたすべての衝突系、すべての粒子種の v_2 を一つの曲線として表現できる（v_2 の Universal Scaling 則）ことを発見した。この結果について流体力学的膨張模型を用いて考察したところ、幾何学的異方性及び運動学的凍結温度によって v_2 は決定され、衝突関与粒子数の 1/3 乗則は、反応系の断熱膨張と運動学的凍結条件を仮定することによって説明できることがわかった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、金・金衝突及び銅・銅衝突をそれぞれ 200GeV と 62GeV、即ち 4 つの衝突系において生成粒子の楕円的方位角異方性（v_2）を測定・解析し、系統的比較をおこなったものである。楕円的方位角異方性に関する従来の理解を確認するとともに、新たに衝突関与粒子数の 1/3 乗則を発見することにより、楕円的方位角異方性（v_2）の理解に極めて重要な実験的事実を与えた点が高く評価される。また、統計力学的断熱膨張模型と流体力学模型を組み合わせた解析により、わずかなパラメータによって低横運動量領域の横運動量分布及び楕円的異方性を統合的に記述しうることを示した。同研究は、原子核・原子核衝突のメカニズムとクォーク・グルーオンプラズマ（QGP）の性質に対して大きな知見を与えるものであり、今後の当該分野に大きな貢献をなすものである。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。